

## 北理工团队发表《剪纸与折纸：打开三维微纳制造新篇章》重要综述文章

发布日期：2020-05-13 供稿：物理学院  
编辑：周格羽 审核：姚裕贵 阅读次数：



剪纸是中国古老的传统民间艺术之一，现代科技将其概念进行延伸，发展成为一门独特的形变科学和技术。近日，北京理工大学物理学院李家方教授与华南理工大学李志远教授团队合作，对近年来新兴的三维微纳剪纸与折纸制造技术的原理与方法，以及二维平面材料与结构在微纳尺度三维形变构筑的实现、应用、挑战和发展趋势，进行了全面的介绍和深入的讨论。该长篇综述论文发表在光学领域权威期刊Light: Science & Applications上 (IF:14.523) 上。

高精密的三维微纳制造是当代信息技术得以建立和发展的重要基础。其中，自上而下 (top-down) 的“减材制造”和自下而上 (bottom-up) 的“增材制造”方式几乎覆盖了整个精密制造领域。近年来，三维剪纸和折纸技术以其独特的制造方式在力学、微电子、声学、光学等领域得到了广泛的重视，其最大的特点是材料本身的质量在三维重构过程中几乎不发生改变，既非“增材”也不“减材”，通过几何变换的方式即可使结构所占空间发生几个数量级的变化，蕴涵着深邃的科学变换思想。李家方教授及合作团队在2018年发明了一种基于纳米剪纸的三维微纳加工技术[Science Advances 4, eaat4436 (2018)]，实现了一系列新颖的三维及准三维纳米结构[Nanophotonics 7, 1637 (2018); APL Photonics 3, 100803 (2018)]，并开展了新型光学应用研究，包括可变形立体超表面[Advanced Materials 32, 1907077 (2020)]、二次谐波手性辐射超表面[Laser & Photonics Review 14, 2000085 (2020)]等等。这些研究工作实现了剪纸/折纸技术概念与科学思想在微纳尺度的融合，逐渐发展成为一个特色鲜明的前沿研究领域。

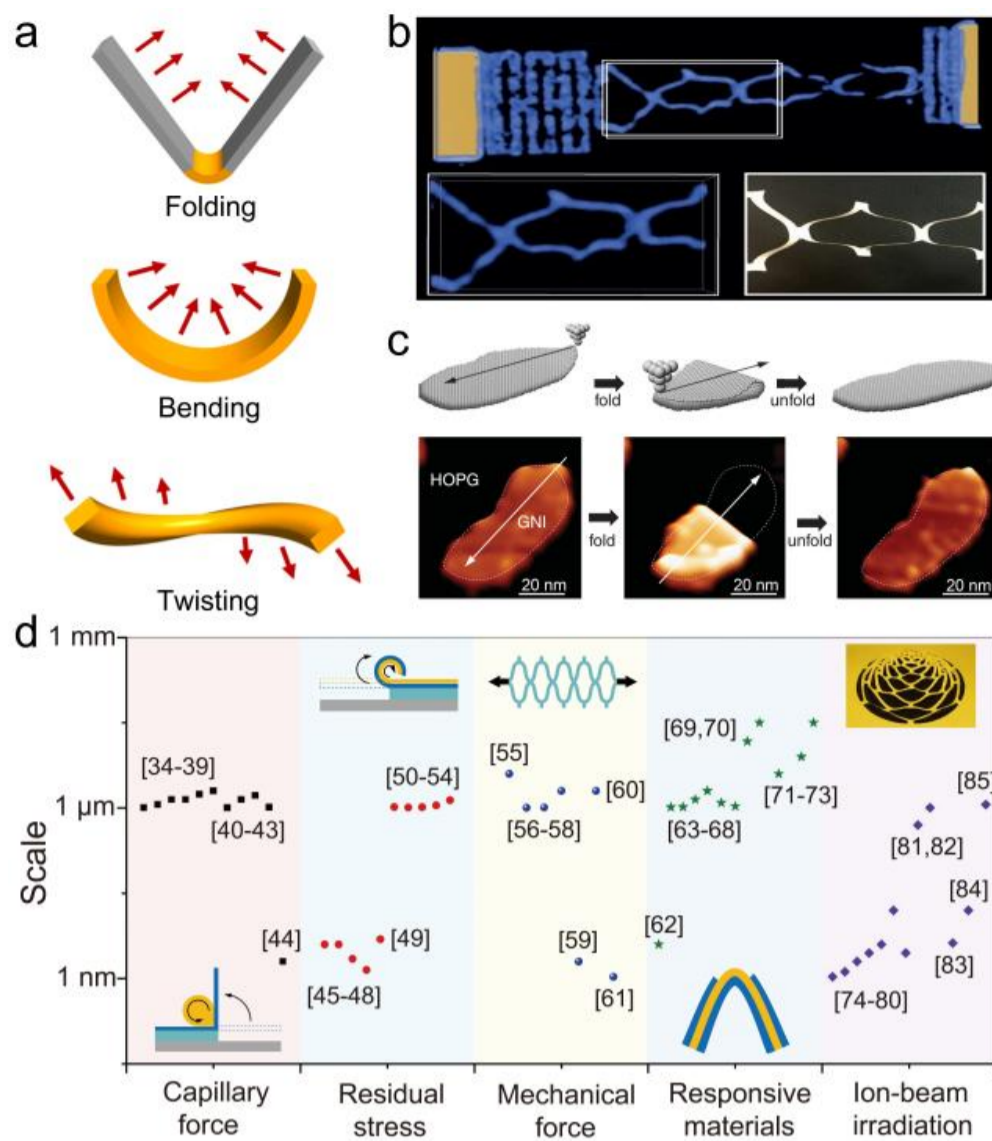


图1 微纳尺度剪纸/折纸的基本形变特点（折叠、弯曲、扭曲）、石墨烯剪纸/折纸、及应力激励方式

综述论文指出，微纳尺度的剪纸/折纸形变拥有传统三维微纳加工手段所不能及的特点，如独特的连续折叠、弯曲、扭曲等。但由于常规宏观操作不适用微纳空间，因此尽管设计理论已经非常成熟，当前微纳尺度剪纸/折纸技术主要受限于形变的激励方式。这是因为微纳尺度形变的本质是利用不同区域产生的应力差别驱使结构自身产生形变，因此要实现剪纸与折纸形变，关键是要对结构施加理想的应力分布。针对这一问题，研究团队总结和归纳了微纳尺度应力产生的方式，主要有毛细作用力、薄膜残余应力、机械应力、材料应激应力、离子束轰击应力等等（图1），它们均可作为微纳尺度剪纸与折纸形变的激励方式。每一种激励方式均蕴含着丰富的物理、化学、材料、力学等学科综合的科学思想和技术方法，而且均可以通过理论上的深入理解予以设计和优化。

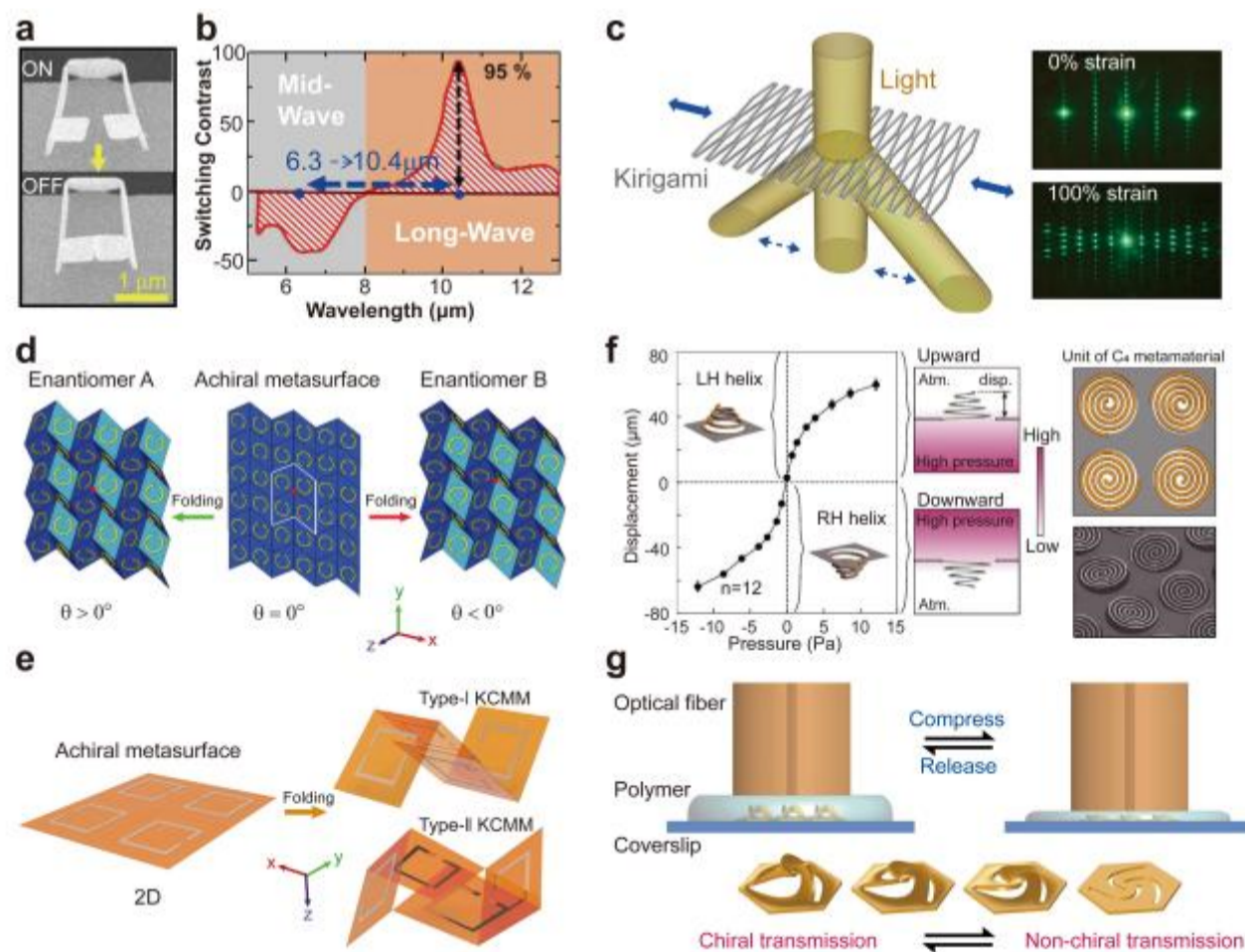


图2 基于剪纸/折纸技术的可重构光学应用

研究团队还对微纳尺度三维剪纸/折纸技术的潜在应用进行了探讨。微纳尺度三维剪纸/折纸技术突破了传统自下而上、自上而下、自组装等三维加工方法在几何形貌方面的局限，可以在微纳米级尺度实现折叠、弯曲、拉

伸、扭转等丰富的三维形变，因而在二维材料、生物和光学器件、可重构系统等领域展现出巨大的应用潜力（图2）。

该综述文章涵盖的剪纸与折纸技术可为进一步开发、挖掘和重塑现有材料的力、热、电、磁、光、声等特性提供一种简单而有效的手段，有望解决微纳器件领域的诸多难题。北理工博士生陈珊珊、华南理工博士生陈剑锋为论文的共同第一作者，北理工李家方教授和华南理工李志远教授为论文的共同通讯作者。作者感谢北京理工大学、中科院物理所、麻省理工学院、国家自然科学基金、国家重点研发计划、广东省创新基金和北京市自然科学基金等合作团队和项目的支持。

文章信息: Shanshan Chen#, Jianfeng Chen#, Xiangdong Zhang, Zhi-Yuan Li\* and Jiafang Li\*,  
“Kirigami/origami: unfolding the new regime of advanced 3D microfabrication/nanofabrication with  
“folding” ”, Light: Science & Applications 9, 75 (2020). (#为共同一作; \*为通讯作者) 文章链接:  
<https://www.nature.com/articles/s41377-020-0309-9>

分享到: